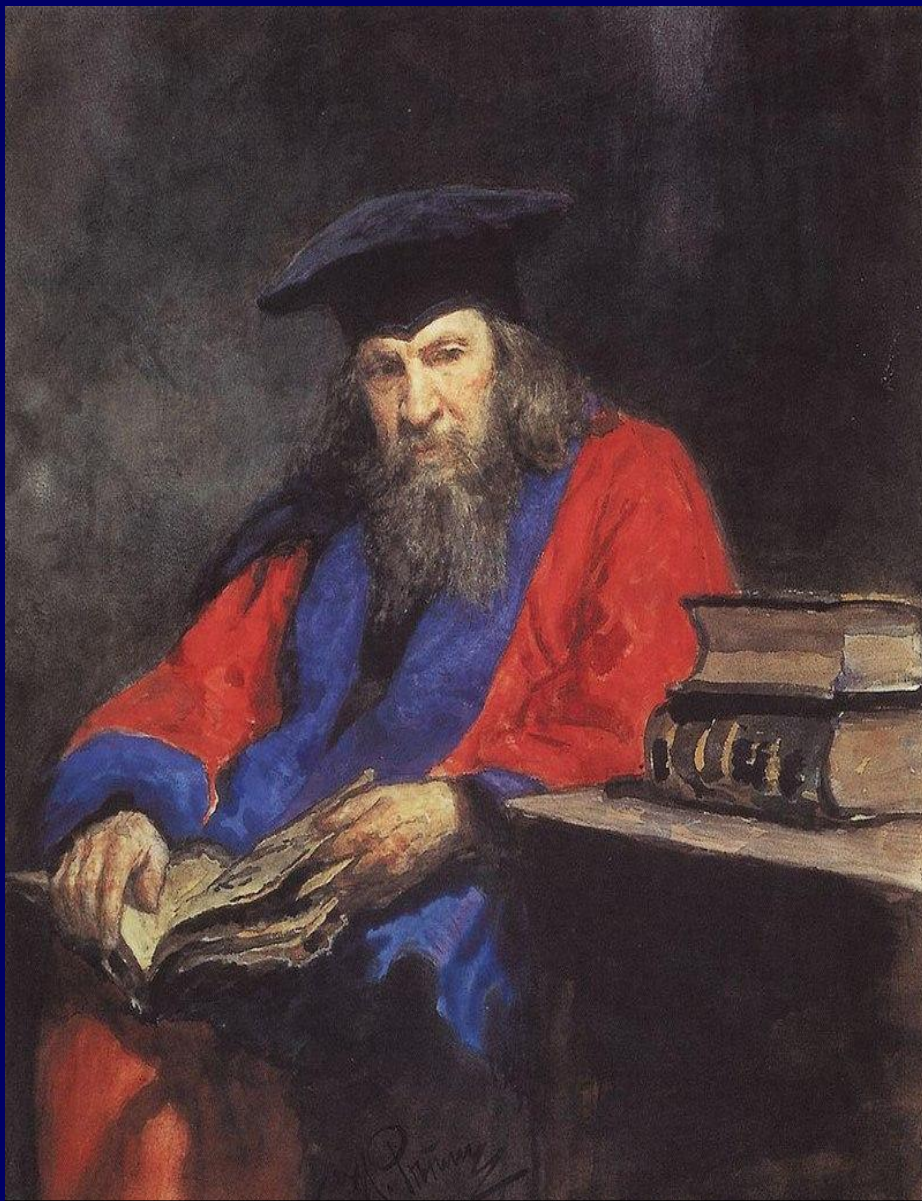


**ПЕРИОДИЧЕСКИЙ ЗАКОН  
И ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА  
ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА**



И. Репин. Портрет Д. И. Менделеева  
в мантии доктора права Эдинбургского университета.  
1885г; акварель

*«Сам удивляюсь – чего только я  
не делывал в своей научной  
жизни!  
И сделано, думаю, неплохо».*

Менделеев Д.И.

# СОДЕРЖАНИЕ ЗАНЯТИЯ

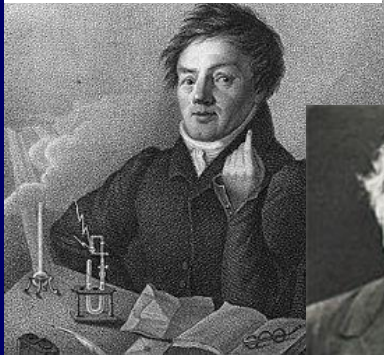
- Модуль 1. История открытия периодического закона и создания периодической системы химических элементов
- Модуль 2. Особенности структуры периодической системы химических элементов
- Модуль 3. Отражение строения атомов и особенностей свойств химических элементов в периодической системе
- Модуль 4. Значение для науки периодического закона и периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева

# Модуль 1.

## История открытия периодического закона

- К середине XIX века было открыто 63 химических элемента, и ученые всего мира не раз предпринимали попытки объединить все существовавшие элементы в единую концепцию. Элементы предлагали разместить в порядке возрастания атомной массы и разбить на группы по сходству химических свойств.

И. Дёберейнер



Э. Шанкуртуа

Джон Александр Ньюлендс.



1. H	8. F	16. Cl	22. Co	29. Br	36. Pt	43. I	50. Tl
2. Li	9. Na	17. K	23. Cu	30. Zn	37. Ag	44. Sn	51. Pb
3. Be	10. Mg	18. Ca	24. V	31. S	38. Cd	45. Bi	52. Po
4. B	11. Al	19. Sc	25. Cr	32. Fe	39. Ni	46. Te	53. At
5. C	12. Si	20. Ti	26. Mn	33. As	40. Co	47. W	54. Hg
6. N	13. P	21. Fe	27. As	34. Se	41. Ni	48. Pt	55. Au
7. O	14. S	22. Co	28. Ni	35. Br	42. Hg	49. Au	56. Cs
1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a	8a

- В 1829 г Иоганн Дёберейнер опубликовал найденный им «закон триад»: атомная масса многих элементов близка к среднему арифметическому двух других элементов, близких к исходному по химическим свойствам (стронций, кальций и барий; хлор, бром и иод и др.). Первую попытку расположить элементы в порядке возрастания атомных весов предпринял Александр Эмиль Шанкуртуа (1862г), который создал «Теллурический винт», разместив элементы на винтовой линии, и отметил частое циклическое повторение химических свойств по вертикали. Эти модели не привлекли внимания научной общественности.
- В 1863 году свою теорию предложил химик и музыкант Джон Александр Ньюленд, который предложил схему размещения химических элементов, схожую с той, что открыл Менделеев, но работа ученого не была принята всерьез научным сообществом из-за того, что автор увлекся поисками гармонии и связью музыки с химией.

Опыт системы элементов Менделеева 1869 г.

Система элементов Менделеева 1869 г.

H=1	?=8	?=22	Cu=63,4	Li=7	Na=23
	Be=9	B=10	Mg=24	Ca=40	Sr=88
	Li=7	Al=27	Si=28	Fe=56	Zn=65,4
	Ca=40	Si=28	P=31	Co=59	Ni=58,7
	Na=23	F=19	Cl=35,5	Ni=58,7	Cu=63,4
	O=16	S=32	Br=80	Ni=58,7	Zn=65,4
	F=19	K=39	I=127	Ni=58,7	Cu=63,4
	Na=23	Ca=40	Ag=108	Ni=58,7	Zn=65,4
		?=45	Cu=63,4	Ni=58,7	Zn=65,4
		?=58	Ca=40	Ni=58,7	Zn=65,4
		?=60	Ca=40	Ni=58,7	Zn=65,4
		?=75	Ca=40	Ni=58,7	Zn=65,4

Менделеев

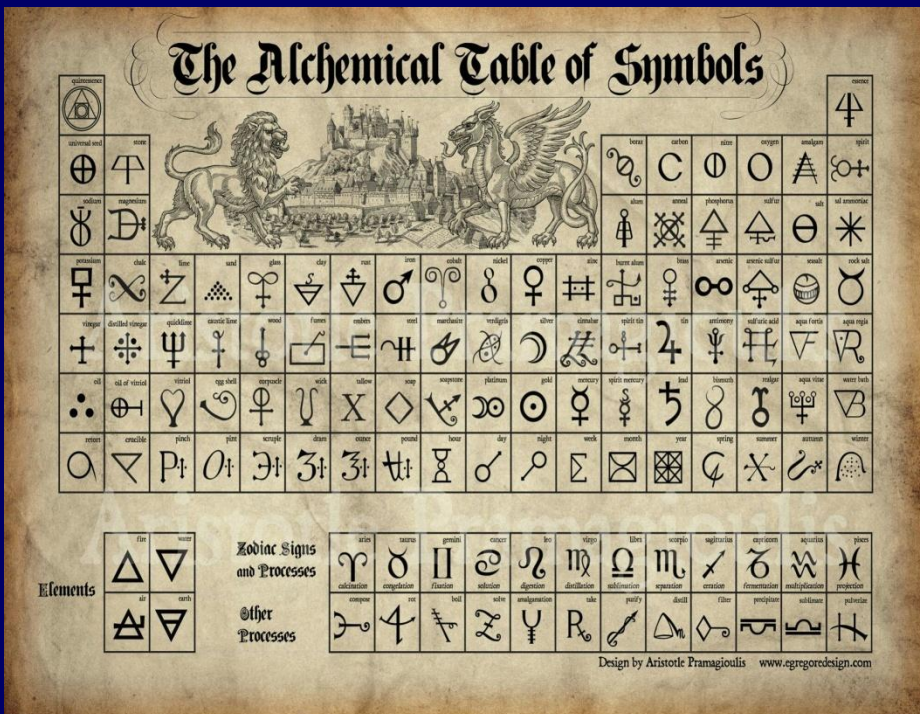
Essai d'une système des éléments d'après leurs poids atomiques et fonctions chimiques de D. Mendeleeff

18 17 69.

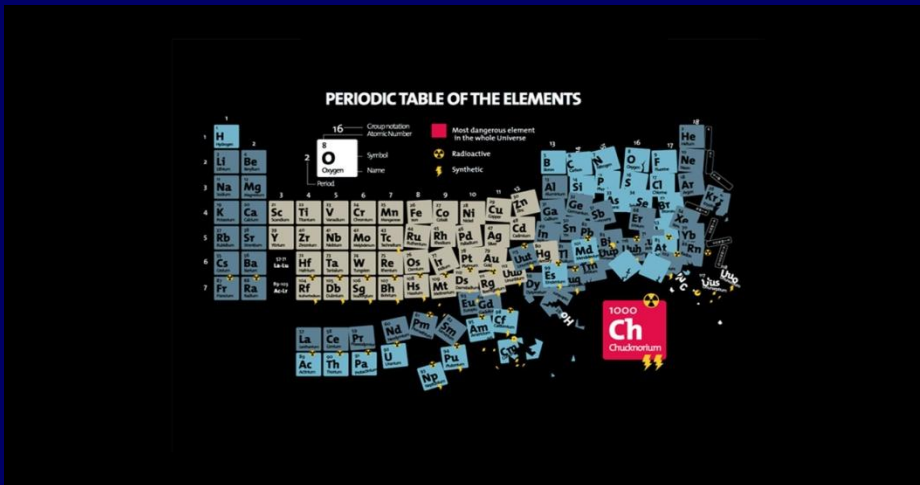
Handwritten notes in Russian, including 'Система элементов Менделеева' and other text.

Опыт системы элементов Менделеева 1869 г.

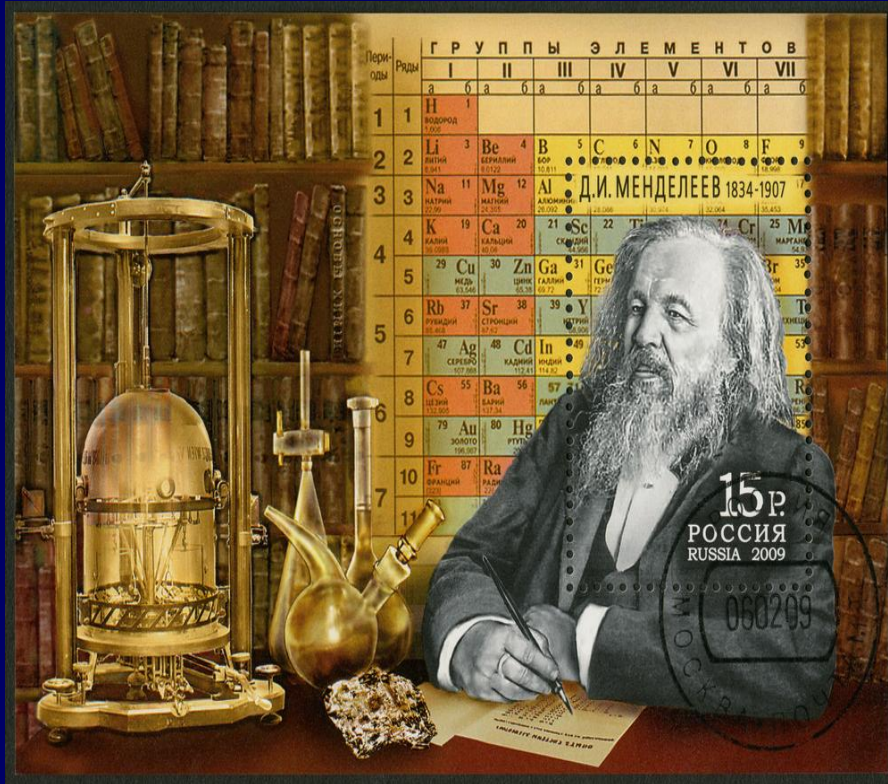
- Когда Менделеев читал лекции в Петербургском университете, он обнаружил, что ни в России, ни за рубежом нет курса общей химии, достойного быть рекомендованным студентам. Тогда он решил написать его сам. Его фундаментальная работа, получила название «Основы химии». Работая над вторым выпуском, Менделеев столкнулся с большими затруднениями, связанными с систематизацией и последовательностью изложения материала, описывающего химические элементы. Сначала Дмитрий Иванович хотел сгруппировать все описываемые им элементы по валентностям, но потом выбрал другой метод и объединил их в отдельные группы, исходя из сходства свойств и атомного веса. Размышление над этим вопросом вплотную подвело Менделеева к главному открытию его жизни, которое было названо Периодическая система Менделеева. Д. И. Менделеев. Рукопись «Опыта системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве». 17 февраля (1 марта) 1869 года.



Тайные знаки алхимиков



- То, что некоторые химические элементы проявляют черты явного сходства, для химиков тех лет не было секретом. Были сделаны даже попытки составить таблицы элементов. Однако ни одна из предложенных систем не охватывала всю совокупность известных химических элементов. Хотя существование отдельных групп и отдельных семейств можно было считать установленным фактом, связь этих групп между собой оставалась непонятной. Менделееву удалось найти ее, расположив все элементы в порядке возрастания их атомной массы. Написав на отдельных карточках элементы с их атомными весами и коренными свойствами, Менделеев стал раскладывать их в разнообразных комбинациях, переставляя и меняя местами. Легенду, будто бы Периодическая таблица приснилась ему во сне, Менделеев придумал сам, для настырных поклонников науки, не понимающих, что такое озарение.



Почтовый блок.  
 175 лет со дня рождения Д.И. Менделеева  
 (2009)  
 Художник-дизайнер – Поварихин А.

- Отличием работы Менделеева от работ его предшественников было в том, что основой для классификации элементов у Менделеева была не одна, а две - атомная масса и химическое сходство.
- Менделеев, будучи химиком, за основу своей системы взял химические свойства элементов, решив расположить химически похожие элементы друг под другом, при этом соблюдая принцип возрастания атомных весов. Ничего не вышло! Тогда ученый просто взял и произвольно изменил атомные веса нескольких элементов (например, он присвоил урану атомный вес 240 вместо принятого 60, т. е. увеличил в четыре раза!), переставил местами кобальт и никель, теллур и йод, поставил три пустые карточки, предсказав существование трех неизвестных элементов. Опубликовав в 1869 г. первый вариант своей таблицы (63 элемента), он открыл закон, что «свойства элементов стоят в периодической зависимости от их атомного веса».



ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ,  
ОСНОВАННОЙ НА КЪХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

	Tl=50	Zr= 90	?=180.		
	V=51	Nb= 94	Ta=182.		
	Cr=52	Mo= 96	W=186.		
	Mn=55	Rh=104,4	Pt=197,4		
	Fe=56	Ru=104,4	Ir=198.		
	Ni=Co=59	Pi=106,4	Os=199.		
H=1	Cr=63,4	Ag=108	Hg=200.		
Be= 9,4	Mg=24	Zn=65,2	Cd=112		
B=11	Al=27,4	?=68	Ur=116	Au=197?	
C=12	Si=28	?=70	Sn=118		
N=14	P=31	As=75	Sb=122	Bi=210?	
O=16	S=32	Se=79,4	Te=128?		
F=19	Cl=35,5	Br=80	I=127		
Li=7	Na=23	K=39	Rb=85,4	Cs=133	Tl=204.
		Ca=40	Sr=87,4	Ba=137	Pb=207.
			?=45	Ce=92	
		YEr=56	La=94		
		?Yt=60	Di=96		
		?In=75,4	Th=118?		

Д. Менделѣевъ

- В 1869 году Менделеев опубликовал свою схему периодической таблицы в журнале Русского химического общества и разослал извещение об открытии ведущим ученым мира. В дальнейшем химик не раз дорабатывал и улучшал схему, пока она не приобрела привычный вид.
- Суть открытия Менделеева в том, что *с ростом атомной массы химические свойства элементов меняются не монотонно, а периодически*. После определенного количества разных по свойствам элементов, свойства начинают повторяться. Так, калий похож на натрий, фтор - на хлор, а золото схоже с серебром и медью.
- В 1871 году Менделеев окончательно объединил идеи в периодический закон. Ученые *предсказал открытие нескольких новых химических элементов* и описал их химические *свойства*. В дальнейшем расчеты химика полностью подтвердились - галлий, скандий и германий - полностью соответствовали предсказанным свойствам.
- Сам Менделеев считал главным изъяном Периодического закона и периодической системы отсутствие их строгого физического объяснения, т.к. не была разработана модель атома. Однако он твердо верил, что *«по видимости, периодическому закону будущее не грозит разрушением, а только надстройки и развитие обещает»* (запись от 10.07.1905 г.), и XX столетие дало множество подтверждений этой уверенности Менделеева.





Золотая медаль  
академии наук ССР  
(ныне - РАН)  
имени Д.И. Менделеева

Менделеев предпринял очень смелые шаги:

- исправил атомные массы некоторых элементов (Be, In, Ur, Th, Ce, Ti, Y);
- несколько элементов разместил в своей системе вопреки принятым в то время представлениям об их сходстве с другими (например, Tl, считавшийся щелочным металлом, он поместил в третью группу согласно его фактической максимальной валентности);
- оставил в таблице пустые клетки, где должны были разместиться пока неоткрытые элементы.

В 1871 г на основе этих работ Менделеев сформулировал **Периодический закон**, формулировка которого со временем была несколько усовершенствована. Научная достоверность Периодического закона получила подтверждение очень скоро: в 1875-1886 гг были открыты Ga (экаалюминий), Sc (экабор), Ge (экасилиций), существование которых, опираясь на периодическую систему, предсказал Менделеев и с поразительной точностью описал целый ряд их физических и химических свойств.

# Формулировки периодического закона химических элементов

- *«Свойства элементов, а потому и свойства образуемых ими простых и сложных тел, стоят в периодической зависимости от их атомного веса»* (статья «Периодическая законность химических элементов», опубл. в 1872 г. в журнале «Annalen der Chemie und Pharmacie»)



- Исследования Г. Мозли, А. Ван ден Брука, Дж. Чедвика → *«Свойства простых веществ, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от заряда ядер атомов элементов»* (1920 г.).



- Уточнения В. М. Клеchkовского о последовательности заполнения электронных орбиталей атомов по мере роста заряда ядра → *«Свойства простых веществ, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от строения внешних и предвнешних слоев электронных оболочек атомов элементов»* (сер. XXв).

## Модуль 2. Особенности структуры периодической системы химических элементов

Периодическая система  
химических элементов –  
это графическая запись  
**ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА**

# Три варианта таблицы стали общепринятыми

## Периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева



период	группы элементов																	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
I	H																	He
II	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne										
III	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
IV	K	Ca		Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni							
V		Cu	Zn		Ge	As	Se	Br	Kr									
VI	Rb	Sr		Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd							
VII		Ag	Cd		In	Sb	Te	I	Xe									
VIII	Cs	Ba		La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt							
IX		Au	Hg		Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn								
X	Fr	Ra																
XI		Rg																

Лантаноиды: Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

Актинοиды: Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr

Короткий вариант таблицы, наиболее популярный для размещения в учебниках

## Периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева

H																		He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne											
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar											
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra																	

Лантаноиды: Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

Актинοиды: Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr

Полудлинный вариант таблицы, всемирно признанный официальным

## Периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева

H																		He
Li	Be	B	C	N	O	F	Ne											
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar											
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
Fr	Ra																	

Лантаноиды: Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu

Актинοиды: Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm, Bk, Cf, Es, Fm, Md, No, Lr

Длинный вариант таблицы

СИМВОЛ  
ЭЛЕМЕНТА

АТОМНЫЙ  
НОМЕР

НАЗВАНИЕ

<b>Li</b>	<b>3</b>
<b>6,9</b>	<b>0,98</b>
<b>ЛИТИЙ</b>	

ОТНОСИТЕЛЬНАЯ  
АТОМНАЯ МАССА  
(ОКРУГЛЕННАЯ)\*

ЭЛЕКТРО-  
ОТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ  
(ШКАЛА Л. ПОЛИНГА)

*Исследуйте особенности разных атомов. Ответьте на вопросы:*

<b>Изменение свойств химических элементов</b>	<b>В пределах периода</b>	<b>В пределах группы</b>
Порядковый номер~количество протонов, нейтронов в ядре атома, общее количество электронов		
Количество электронов на внешнем электронном уровне(валентных~максимальная степень окисления)		
Количество энергетических уровней (~номеру периода)		
Металлические свойства (способность отдавать электроны)		
Неметаллические свойства (способность принимать электроны, соответствует электроотрицательности)		
Относительная атомная масса		
Радиус ядра		
Заряд ядра (~ порядковому номеру)		
Сила образованных бескислородных кислот		
Сила образованных элементом оснований		

- **Периодом** называют горизонтальный ряд элементов, расположенных в порядке возрастания порядковых (атомных) номеров.
- В периодической системе имеются семь периодов: **первый, второй и третий** периоды называют **малыми**, в них содержится соответственно 2, 8 и 8 элементов; **остальные** периоды называют **большими**. Начинается период щелочным металлом (кроме первого) и заканчивается инертным газом.
- В пределах периода с увеличением порядкового номера элемента: **электроотрицательность возрастает**;
- **металлические свойства убывают, а неметаллические возрастают**;
- **атомный радиус уменьшается**.

малые  
периоды

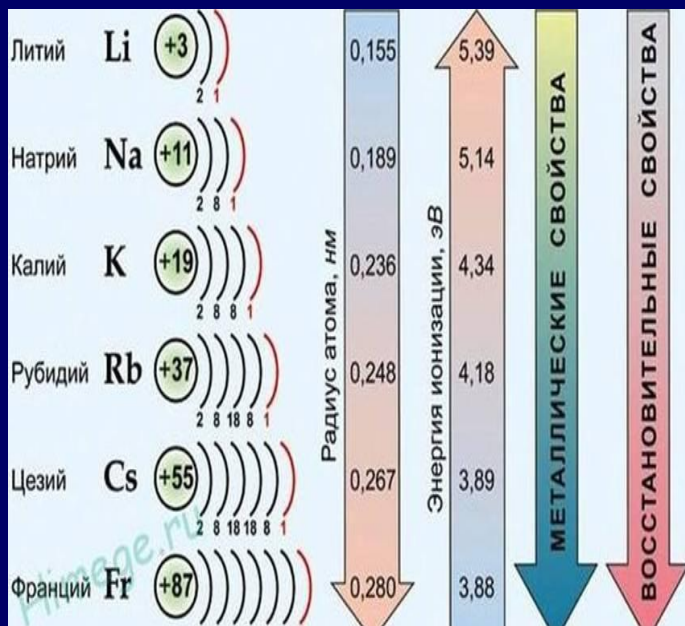
большие  
периоды

ПЕРИОД	A I B		A II B		A III B		A IV B		A V B		A VI B		A VII B		A VIII B							
1	H 1 1,01 2,10 ВОДОРОД		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА 150 ЛЕТ ОТКРЫТИЮ 1869–2019 ЮБИЛЕЙНОЕ ИЗДАНИЕ												{H}		He 2 4,0 Гелий		СИМВОЛ ЭЛЕМЕНТА НАЗВАНИЕ АТОМНЫЙ НОМЕР  Li 3 6,9 0,98 ЛИТИЙ 0,98 ОТНОСИТЕЛЬНАЯ АТОМНАЯ МАССА (ОКРУГЛЕННАЯ) ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТЬ (ШКАЛА Л. ПОЛИНГА)			
2	Li 3 6,9 0,98 ЛИТИЙ		Be 4 9,0 1,57 БЕРИЛЛИЙ		B 5 10,8 2,04 БОР		C 6 12,0 2,55 УГЛЕРОД		N 7 14,0 3,04 АЗОТ		O 8 16,0 3,44 КИСЛОРОД		F 9 19,0 3,98 ФТОР		Ne 10 20,2 НЕОН							
3	Na 11 23,0 0,98 НАТРИЙ		Mg 12 24,3 1,31 МАГНИЙ		Al 13 27,0 1,61 АЛЮМИНИЙ		Si 14 28,1 1,90 КРЕМНИЙ		P 15 31,0 2,19 ФОСФОР		S 16 32,1 2,58 СЕРА		Cl 17 35,5 3,16 ХЛОР		Ar 18 39,9 АРГОН							
4	K 19 39,1 0,82 КАЛИЙ		Ca 20 40,1 1,00 КАЛЬЦИЙ		21 Sc 45,0 СКАНДИЙ		22 Ti 47,9 ТИТАН		23 V 50,9 ВАНАДИЙ		24 Cr 52,0 ХРОМ		25 Mn 54,9 МАРГАНЕЦ		26 Fe 55,8 ЖЕЛЕЗО		27 Co 58,9 КОБАЛЬТ		28 Ni 58,7 НИКЕЛЬ			
	29 Cu 63,5 МЕДЬ		30 Zn 65,4 ЦИНК		31 Ga 69,7 ГАЛЛИЙ		32 Ge 72,6 ГЕРМАНИЙ		33 As 74,9 МЫШЬЯК		34 Se 79,0 СЕЛЕН		35 Br 79,9 БРОМ		36 Kr 83,8 КРИПТОН		* в квадратных скобках приведено массовое число наиболее стабильного изотопа					
5	Rb 37 85,5 0,82 РУБИДИЙ		Sr 38 87,6 0,95 СТРОНЦИЙ		39 Y 88,9 ИТТРИЙ		40 Zr 91,2 ЦИРКОНИЙ		41 Nb 92,9 НИОБИЙ		42 Mo 95,9 МОЛИБДЕН		43 Tc [98] ТЕХНЕЦИЙ		44 Ru 101,1 РУТЕНИЙ		45 Rh 102,9 РОДИЙ		46 Pd 106,4 ПАЛЛАДИЙ			
	47 Ag 107,9 СЕРЕБРО		48 Cd 112,4 КАДМИЙ		49 In 114,8 ИНДИЙ		50 Sn 118,7 ОЛОВО		51 Sb 121,8 СВЫРЬМА		52 Te 127,6 ТЕЛЛУР		53 I 126,9 ЙОД		54 Xe 131,3 КСЕНОН							
6	Cs 55 132,9 0,79 ЦЕЗИЙ		Ba 56 137,3 0,89 БАРИЙ		57 La* 138,9 ЛАНТАН		72 Hf 178,5 ГАФИЙ		73 Ta 180,9 ТАНТАЛ		74 W 183,8 ВОЛЬФРАМ		75 Re 186,2 РЕНИЙ		76 Os 190,29 ОСМИЙ		77 Ir 192,2 ИРИДИЙ		78 Pt 195,1 ПЛАТИНА			
	79 Au 197,0 ЗОЛОТО		80 Hg 200,6 РУТЬ		81 Tl 204,4 ТАЛЛИЙ		82 Pb 207,2 СВИНЕЦ		83 Bi 209,0 ВИСМУТ		84 Po [209] ПОЛОНИЙ		85 At [210] АСТАТ		86 Rn [222] РАДОН		A – главные подгруппы B – побочные подгруппы					
7	Fr 87 [223] ФРАНЦИЙ		Ra 88 [226] РАДИЙ		89 Ac** [227] АКТИНИЙ		104 Rf [265] РЕЗЕР-ФОРДИЙ		105 Db [268] ДУВНИЙ		106 Sg [271] СИВОРГИЙ		107 Bh [267] БОРИЙ		108 Hs [269] ХАССИЙ		109 Mt [278] МЕЙТНЕРИЙ		110 Ds [281] ДАРМШТАДИЙ			
	111 Rg [281] РЕНТГЕНИЙ		112 Cn [285] КОПЕРНИЦИЙ		113 Nh [284] НИХОНИЙ		114 Fl [289] ФЛЕРОВИЙ		115 Mc [288] МОСКОВИЙ		116 Lv [293] ЛИВЕРМОРИЙ		117 Ts [294] ТЕННЕСИЙ		118 Og [294] ОГАНЕСОН							
ВЫСШИЕ ОКСИДЫ	R <sub>2</sub> O		RO		R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		RO <sub>2</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		RO <sub>3</sub>		R <sub>2</sub> O <sub>7</sub>		RO <sub>4</sub>							
ЛЕГЧИЕ ВОДОРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ							RH <sub>3</sub>		RH <sub>3</sub>		H <sub>2</sub> R		HR									
* ЛАНТАНОИДЫ 4f	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu								
	1,12 140,1	1,13 140,9	1,14 144,2	1,13 145,0	1,17 150,4	1,20 152,0	1,20 157,3	1,10 158,9	1,22 162,5	1,23 164,9	1,24 167,3	1,25 168,9	1,10 173,0	1,27 175,0								
** АКТИНОИДЫ 5f	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr								
	1,30 232,0	1,50 [231]	1,38 238,0	1,36 [237]	1,28 [244]	1,13 [243]	1,28 [247]	1,30 [247]	1,30 [251]	1,30 [252]	1,30 [257]	1,30 [258]	1,30 [259]	1,29 [262]								
	ТОРИЙ	ПРОТАКТИВИЙ	УРАН	НЕПУТНИЙ	ПЛУТОНИЙ	АМЕРИЦИЙ	КЮРИЙ	БЕРКЛИЙ	КАЛИФОРНИЙ	ЭЙНШТЕЙНИЙ	ФЕРМИЙ	МЕНДЕЛЕВИЙ	НОВЕЛИЙ	ЛОУРЕНСИЙ								

A I B	
<b>H</b> 1 1,01 2,10 ВОДОРОД	
<b>Li</b> 3 6,9 0,98 ЛИТИЙ	
<b>Na</b> 11 23,0 0,98 НАТРИЙ	
<b>K</b> 19 39,1 0,82 КАЛИЙ	
<b>29 Cu</b> 1,90 63,5 МЕДЬ	
<b>Rb</b> 37 85,5 0,82 РУБИДИЙ	
<b>47 Ag</b> 1,93 107,9 СЕРЕБРО	
<b>Cs</b> 55 132,9 0,79 ЦЕЗИЙ	
<b>79 Au</b> 2,54 197,0 ЗОЛОТО	
<b>Fr</b> 87 [223] 0,70 ФРАНЦИЙ	
<b>111 Rg</b> [281] РЕНТГЕНИЙ	

главная подгруппа

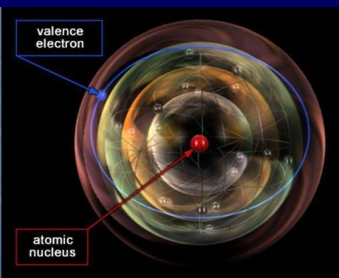
побочная подгруппа



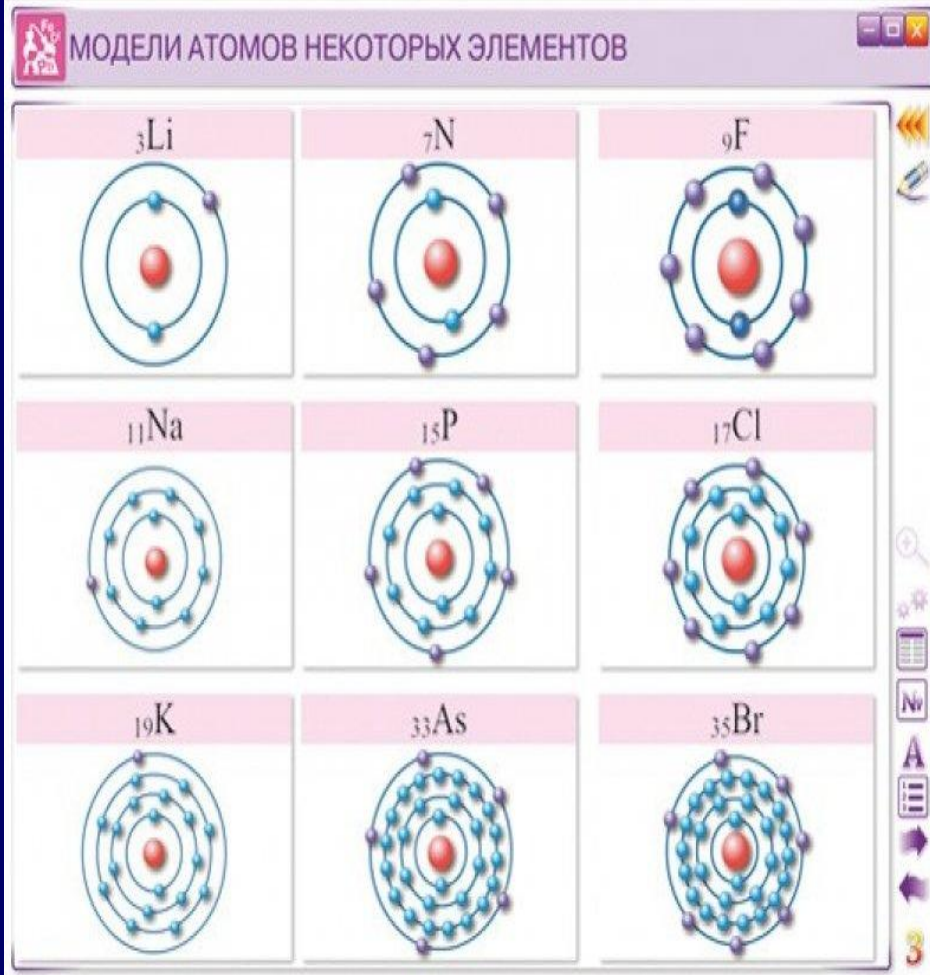
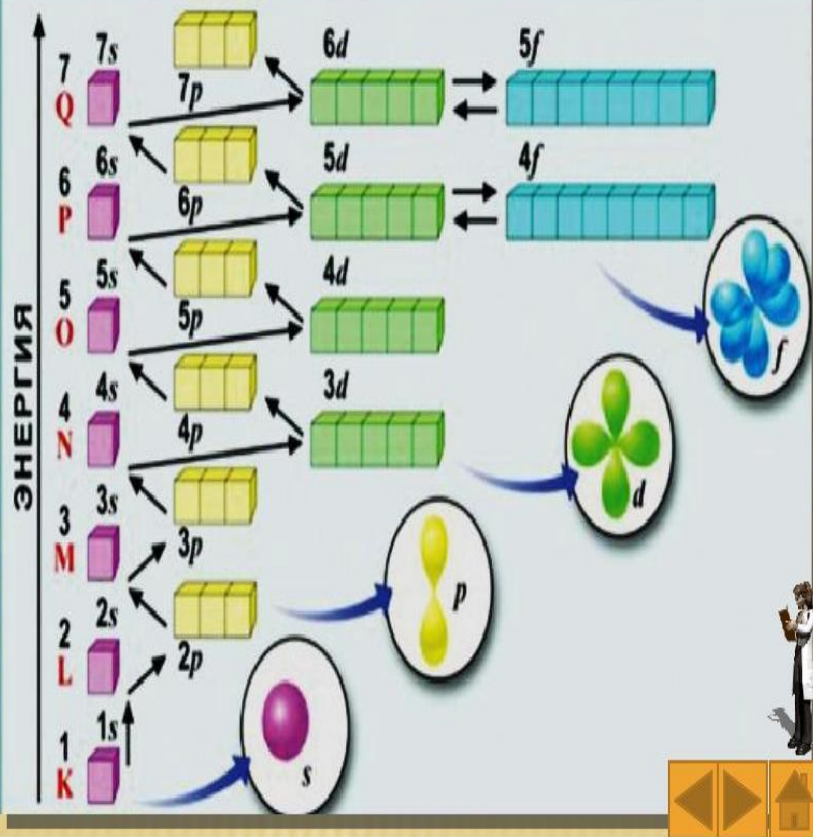
- **Группами** называют вертикальные ряды в периодической системе.
- Каждая группа состоит из **главной** и **побочной** подгрупп.
- Главные подгруппы включают в себя **элементы малых периодов** и одинаковые с ним по свойствам **элементы больших периодов**.
- Побочные подгруппы состоят только из элементов **больших периодов**.
- Химические свойства элементов главных и побочных подгрупп значительно различаются.
- Свойства элементов в подгруппах закономерно изменяются сверху вниз:
  - усиливаются металлические свойства и ослабевают неметаллические;
  - возрастает атомный радиус;
  - возрастает сила образованных элементом оснований и бескислородных кислот;
  - электроотрицательность падает.



# Модуль 3. Отражение строения атомов и особенностей свойств химических элементов в периодической системе



## 1. ФОРМА ЭЛЕКТРОННЫХ ОБЛАКОВ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ЗАПОЛНЕНИЯ ПОДУРОВНЕЙ ЭЛЕКТРОНАМИ



# Многоэлектронные атомы

I K

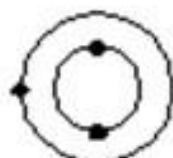


H

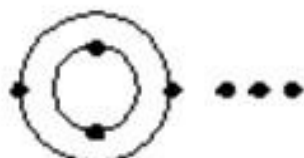


He

II L

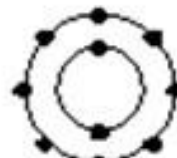


Li



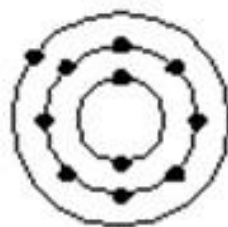
Be

...



Ne

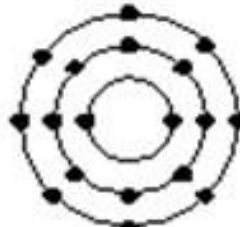
III M



Na

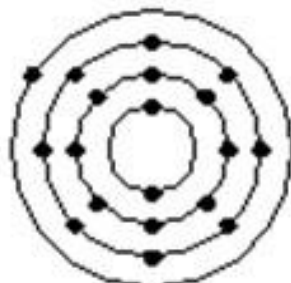
...

...

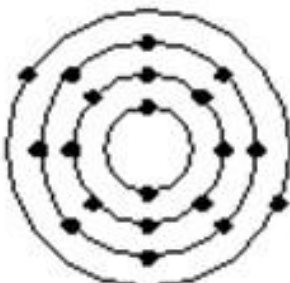


Ar

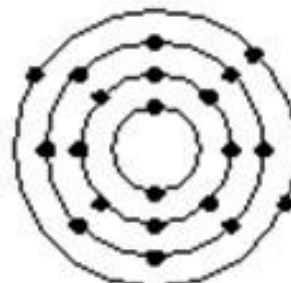
IV N



K



Ca



Sc

## ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Периоды	Ряды	Группы					
		I	II	III	IV	V	VI
1	1	<b>H</b> <sup>1</sup> 1,008 ВОДОРОД					
2	2	<b>Li</b> <sup>3</sup> 6,941 ЛИТИЙ	<b>Be</b> <sup>4</sup> 9,012 БЕРИЛЛИЙ	<b>B</b> <sup>5</sup> 10,811 БОР	<b>C</b> <sup>6</sup> 12,011 УГЛЕРОД	<b>N</b> <sup>7</sup> 14,007 АЗОТ	<b>O</b> <sup>8</sup> 15,999 КИСЛОРОД
3	3	<b>Na</b> <sup>11</sup> 22,990 НАТРИЙ	<b>Mg</b> <sup>12</sup> 24,305 МАГНИЙ	<b>Al</b> <sup>13</sup> 26,981 АЛЮМИНИЙ	<b>Si</b> <sup>14</sup> 28,085 КРЕМНИЙ	<b>P</b> <sup>15</sup> 30,974 ФОСФОР	<b>S</b> <sup>16</sup> 32,064 СЕРА
4	4	<b>K</b> <sup>19</sup> 39,098 КАЛИЙ	<b>Ca</b> <sup>20</sup> 40,08 КАЛЬЦИЙ	<b>Sc</b> <sup>21</sup> 44,956 СКАНДИЙ	<b>Ti</b> <sup>22</sup> 47,88 ТИТАН	<b>V</b> <sup>23</sup> 50,941 ВАНАДИЙ	<b>Cr</b> <sup>24</sup> 51,996 ХРОМ
	5	<b>Cu</b> <sup>29</sup> 63,546 МЕДЬ	<b>Zn</b> <sup>30</sup> 65,38 ЦИНК	<b>Ga</b> <sup>31</sup> 69,72 ГАЛИЙ	<b>Ge</b> <sup>32</sup> 72,59 ГЕРМАНИЙ	<b>As</b> <sup>33</sup> 74,922 МЫШЬЯК	<b>Se</b> <sup>34</sup> 78,96 СЕЛЕН
5	6	<b>Rb</b> <sup>37</sup> 85,468 РУБАДИЙ	<b>Sr</b> <sup>38</sup> 87,62 СТРОНЦИЙ	<b>Y</b> <sup>39</sup> 88,906 ИТРИЙ	<b>Zr</b> <sup>40</sup> 91,22 ЦИРКОНИЙ	<b>Nb</b> <sup>41</sup> 92,906 НИОБИЙ	<b>Mo</b> <sup>42</sup> 95,94 МОЛИБДЕН
	7	<b>Ag</b> <sup>47</sup> 107,868 СЕРЕБРО	<b>Cd</b> <sup>48</sup> 112,41 КАДМИЙ	<b>In</b> <sup>49</sup> 114,82 ИНДИЙ	<b>Sn</b> <sup>50</sup> 118,69 ОЛОВО	<b>Sb</b> <sup>51</sup> 121,75 СУРЬМА	<b>Te</b> <sup>52</sup> 127,60 ТЕЛЛУР
6	8	<b>Cs</b> <sup>55</sup> 132,905 ЦЕЗИЙ	<b>Ba</b> <sup>56</sup> 137,33 БАРИЙ	<b>La</b> <sup>57</sup> 138,905 ЛАНТАН	<b>Hf</b> <sup>72</sup> 178,49 ГАФНИЙ	<b>Ta</b> <sup>73</sup> 180,94 ТАНТАЛ	<b>W</b> <sup>74</sup> 183,85 ВОЛЬФРАМ

7	<b>N</b>
14,00	АЗОТ

## Азот – химический элемент

1. Порядковый номер – 7
2. Относительная атомная масса – 14
3. Заряд ядра, число электронов, число протонов, число нейтронов – 7
4. Группа – 5А, число валентных электронов - 5
5. Период – 2, число энергетических уровней – 2
6. Электронная формула распределения электронов по энергетическим уровням -  $+7\text{N})_2)_5$
7. Символическая запись распределения электронов по энергетическим уровням -  $+7\text{N } 1s^2 2s^2 2p^3$
8. Электронно-графическая запись распределения электронов по энергетическим уровням -  $+7\text{N } \begin{array}{|c|c|c|} \hline \uparrow\downarrow & \uparrow\downarrow & \uparrow\uparrow\uparrow \\ \hline \end{array}$
9. Неметаллические свойства сильнее чем у С и Р, слабее чем у О
10. Радиус атома азота больше чем у О, но меньше чем у С и Р



Памятник на территории  
Словацкого  
технологического  
университета

## Модуль 4.

# Значение для науки периодического закона и периодической системы химических элементов Д.И. Менделеева

Периодическая система Д. И. Менделеева стала важнейшей вехой в развитии атомно-молекулярного учения. Благодаря ей:

- было доказано сложное строение атома и появилось новое представление о его модели, представление об изотопах. Появились новые разделы науки: атомная физика и физика ядра;
- сложилось современное понятие о химическом элементе;
- были уточнены представления о простых веществах, соединениях, видах химических связей, особенностях взаимодействий между веществами;
- предсказано существование неизвестных науке химических элементов, установлено их положение относительно известных в таблице и их свойства;
- вместо разрозненных сведений об элементах и соединениях Д. И. Менделеевым и его последователями создана система, на основе которой стало возможным обобщать, делать выводы, предвидеть.

**По решению ООН 2019 год был объявлен Международным годом  
Периодической таблицы химических элементов**

# Коперниковый – 112-й элемент таблицы Менделеева

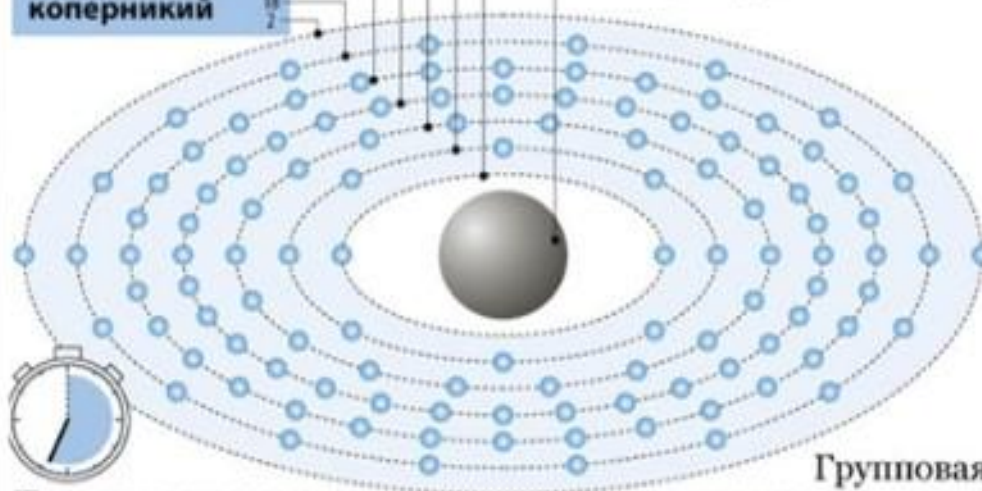
112-му элементу, носившему временное имя «унунбий», официально присвоено постоянное имя «коперниковый»

112 электронов на 7 уровнях



Ядро:

- 173 нейтрона (в наиболее стабильном изотопе  $^{285}\text{Cn}$ )
- 112 протонов



Период полураспада

- Как и его соседи по таблице, коперниковый нестабилен: период полураспада самого стабильного из полученных изотопов – около **34 секунд**

Групповая принадлежность:

- переходный металл

Внешний вид (вероятно):

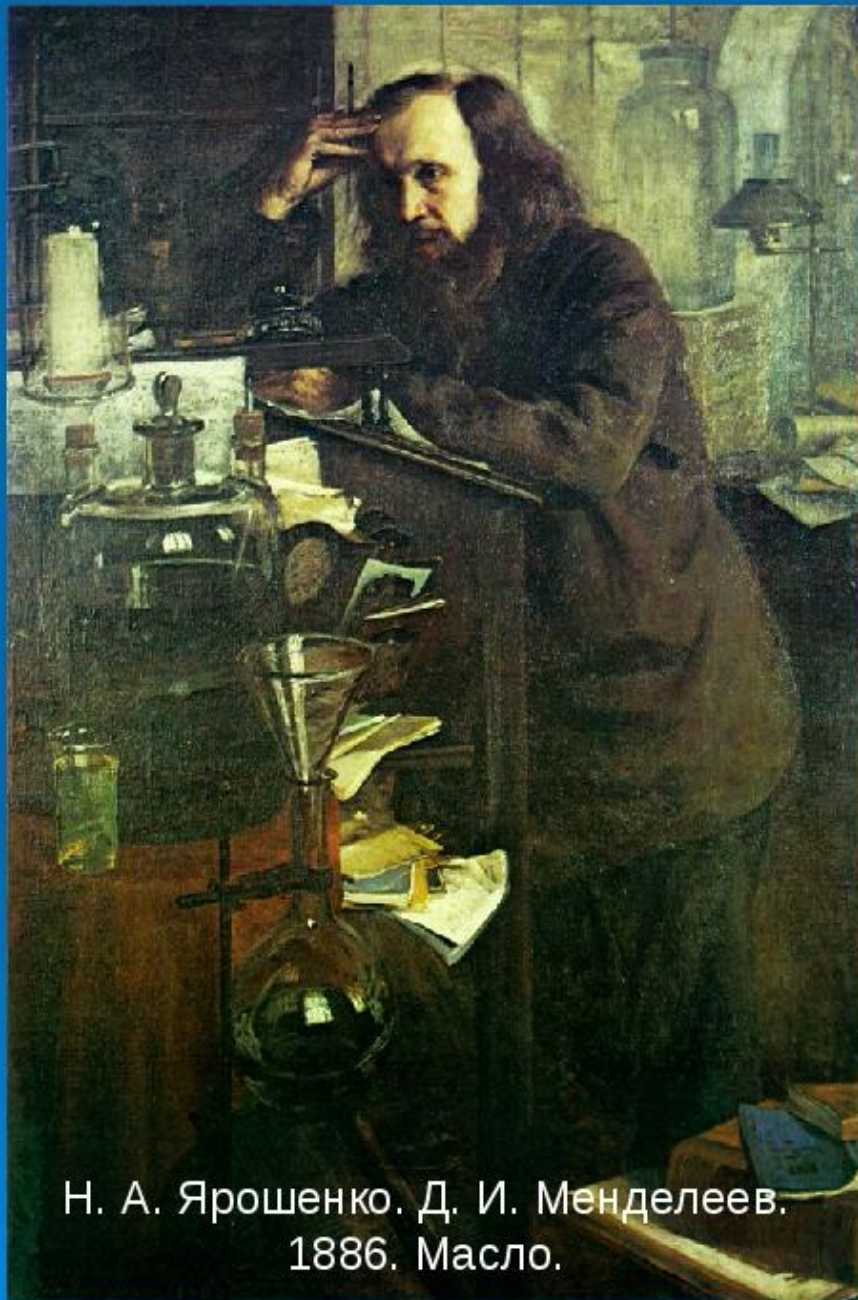
- серебристая жидкость

История

- Коперниковый был впервые получен в **1996 году** в Институте тяжелых ионов в Дармштадте (Германия)
- До 2010 года носил временное имя «унунбий» (лат. «сто двенадцатый»)



Международный союз чистой и прикладной химии (ИЮПАК) назвал новый элемент в честь **Николая Коперника**, «выдающегося ученого, который изменил человеческое представление об устройстве мира»



Н. А. Ярошенко. Д. И. Менделеев.  
1886. Масло.

«Гениальный химик, первоклассный физик, плодотворный исследователь в области гидродинамики, метеорологии, геологии, в различных отделах химической технологии и других сопредельных с химией и физикой дисциплинах, глубокий знаток химической промышленности и промышленности вообще, особенно русской, оригинальный мыслитель в области учения о народном хозяйстве, государственный ум, которому, к сожалению, не суждено было стать государственным человеком, но который видел и понимал задачи и будущее России лучше представителей нашей официальной власти». Такую оценку Менделееву дает Лев Александрович Чугаев - русский советский химик и биохимик, профессор Петербургского технологического института и Петербургского университета.

# Интересные факты о периодической системе химических элементов и периодическом законе

	nub	Gold.
	ascm	Electrum.
	lat	Silver.
	Xomi	Copper.
	men	Iron.
	teht	Lead.
	chebet	Blue Stone or Sapphir.

Алхимические  
СИМВОЛЫ  
египтян

## The Alchemical Table of Symbols

quintessence												essence																																																																																																																																																																																																											
universal seed												stone																																																																																																																																																																																																											
borax												carbon												nitre												oxygen												amalgam												spirit																																																																																																																																																											
sodium												magnesium												alum												arsenic												phosphorus												sulfur												salt												sil ammoniac																																																																																																																																			
potassium												chalk												lime												sand												glass												clay												rust												iron												cobalt												nickel												copper												zinc												burnt alum												brass												arsenic												arsenic sulfur												sensit												rock salt											
vinegar												distilled vinegar												quicklime												caustic lime												wood												funes												embers												seet												marchasie												verdigris												silver												cinnabar												spirit tin												tin												antimony												sulfuric acid												aqua fortis												aqua regia											
oil												oil of vitriol												virriol												egg shell												corpsack												wick												tallow												soap												soapstone												platinum												gold												mercury												spirit mercury												lead												blunath												realgar												aqua vitae												water bath											
retort												crucible												pinch												pint												scruple												drum												ounce												pound												hour												day												night												week												month												year												spring												summer												autumn												winter											

Elements		Zodiac Signs and Processes		Other Processes	
fire	water	aries	taurus	gemini	cancer
air	earth	leo	virgo	libra	scorpio
calcination	congelation	fixation	solution	digestion	distillation
compos	ret	boil	solve	amalgamation	take
purify	disill	filter	precipitate	sublimate	pulverize

Design by Aristotle Pramagioulis [www.egregoredesign.com](http://www.egregoredesign.com)

Тайные знаки алхимиков

**Лестничная форма таблицы**

1 H	2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 —	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 —	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 —	73 Ta	74 W	75 —	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 —	86 Rn	87 —	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U
-----	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	------	-------	------	-------	-------	-------	-------	------

**ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**Кубическая форма таблицы**

I период: (2, 2)  
 II период: (8, 8)  
 III период: (18, 18)  
 IV период: (32, 32)

**Спиральные таблицы**





# Periodic Table of the Elements

1	IA 1 1,0 1 H											VIIA 17 19,0 9 F	VIIIA 18 4,0 2 He					
2	IIB 2 6,9 3 Li											VIIA 17 16,0 8 O	VIIIA 18 20,2 10 Ne					
3	IIB 2 23,0 11 Na	IIB 3 24,3 12 Mg	IIIB 3	IVB 4	VB 5	VIB 6	VIIIB 7	VIII 8 9 10			IB 11	IIB 12	VIIA 17 27,0 13 Al	VIIIA 18 39,9 18 Ar				
4	39,1 19 K	40,1 20 Ca	45,0 21 Sc	47,9 22 Ti	50,9 23 V	52,0 24 Cr	54,9 25 Mn	55,8 26 Fe	58,9 27 Co	58,7 28 Ni	63,5 29 Cu	65,4 30 Zn	69,7 31 Ga	72,6 32 Ge	74,9 33 As	79,0 34 Se	79,9 35 Br	83,8 36 Kr
5	85,5 37 Rb	87,6 38 Sr	88,9 39 Y	91,2 40 Zr	92,9 41 Nb	95,9 42 Mo	98 43 Tc	101,1 44 Ru	102,9 45 Rh	106,4 46 Pd	107,9 47 Ag	112,4 48 Cd	114,8 49 In	118,7 50 Sn	121,8 51 Sb	127,6 52 Te	126,9 53 I	131,3 54 Xe
6	132,9 55 Cs	137,3 56 Ba	138,9 57 La	178,5 72 Hf	180,9 73 Ta	183,8 74 W	186,2 75 Re	190,2 76 Os	192,2 77 Ir	195,1 78 Pt	197,0 79 Au	200,6 80 Hg	204,4 81 Tl	207,2 82 Pb	209,0 83 Bi	209 84 Po	210 85 At	222 86 Rn
7	223 87 Fr	226 88 Ra	227 89 Ac	261 104 Rf	262 105 Db	266 106 Sg	264 107 Bh	269 108 Hs	268 109 Mt	273 110	272 111	277 112						

138,9 57 La	140,1 58 Ce	140,9 59 Pr	144,2 60 Nd	145 61 Pm	150,4 62 Sm	152,0 63 Eu	157,3 64 Gd	158,9 65 Tb	162,5 66 Dy	164,9 67 Ho	167,3 68 Er	168,9 69 Tm	173,0 70 Yb	175,0 71 Lu
22 a	14 d	33 d	45 d	21 d	80 d	74 d	160 d	140 d	90 d	47 d	10 d	52 d	58 min	3 h

- Периодическая система не сильно менялась с 1950-х годов. Однако 2 декабря 2016 года было добавлено сразу четыре новых элемента: нихоний (элемент №113), московий (элемент №115), тенессин (элемент №117) и оганесон (элемент №118). Эти новые элементы получили свои названия только в июне 2016 года, так как потребовалась пятимесячная экспертиза, прежде чем их официально добавили в ПТ.
- Три элемента получили свои названия в честь городов или государств, в которых их удалось получить, а оганесон был назван в честь российского физика-ядерщика Юрия Оганесяна за его вклад в получение этого элемента.
- В латинском алфавите есть 26 букв, они все есть в таблице, кроме буквы «J».
- Из всего общего списка в природных условиях можно найти лишь 90 элементов.
- Оставшиеся 28 получают искусственным путем, начиная с 1937 года, и учёные продолжают это делать и сейчас. Все эти элементы вы можете найти в таблице. Посмотрите на элементы с 95 по 118, все эти элементы отсутствуют на нашей планете. То же касается и элементов под номерами 43, 61, 85 и 87.
- По предсказанию Р. Фейнмана у 137-го элемента невозможно определить количество нуклонов: это значение константы тонкой структуры, которая описывает вероятность поглощения или излучения электроном фотона. Теоретически элемент №137 должен иметь 137 электронов и 100-процентную вероятность поглощения фотона. Его электроны будут вращаться со скоростью света. Ещё более невероятно, что электроны элемента 139, чтобы существовать, должны вращаться быстрее, чем скорость света.
- С начала 1900-х годов физики предполагают, что цифра 137 может быть основой Великой единой теории, в которую войдут теории о скорости света, квантовая механика и электромагнетизм.



- Как правило, названия элементов относятся к одной из пяти основных категорий:
  - 1) имена известных учёных, классический вариант - эйнштейний.
  - 2) места, где они были впервые зарегистрированы - германий, америций, галлий и т. д. А название «индий» не имеет отношения к Индии. Все из-за цвета индиго, в который он окрашивает пламя горелки
  - 3) названия планет: уран был впервые обнаружен вскоре после того, как была открыта планета Уран.
  - 4) имена, связанные с мифологией, например, существует титан, названный так в честь древнегреческих титанов, и торий, названный по имени скандинавского бога-громовержца (или звёздного «мстителя», в зависимости от того, что вы предпочитаете).
  - 5) названия, описывающие свойства элементов: аргон - от греческого «аргос» - «ленивый» или «медленный». Из названия следует предположение, что этот газ не отличается активностью; «бромос» - «зловоние»



М. Склодовская-Кюри

Л. Мейтнер

\*\* Названия лишь 2 элементов в таблице связаны с реальными женщинами



- Радон, неон, криптон, гелий и ксенон - все отрицали их существование просто потому, что Менделеев не смог найти для них места в таблице. После нескольких лет перегруппировки и переклассификации этим элементам (названных инертными газами) всё-таки посчастливилось присоединиться к достойному клубу признанных реально существующими.
- Совет для всех тех, кто считает себя романтиком. Возьмите бумажную копию периодической таблицы и вырежьте из неё все сложные и относительно ненужные средние столбцы так, чтобы у вас осталось 8 колонок (вы получите «короткую» форму таблицы). Сложите её посередине IV группы – и вы узнаете, какие элементы могут образовывать соединения друг с другом.  
Элементы, которые «целуются» при складывании, способны образовывать стабильные соединения. Эти элементы имеют комплементарные электронные структуры, и они будут сочетаться друг с другом.

# Шпаргалка)

## Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева – графическое изображение периодического закона.

Периодическая система и строение атома	Закономерности в периодической системе
<p>1. <b>Порядковый номер элемента</b> = заряду ядра его атома и количеству <math>\bar{e}</math></p> <p>2. <b>Номер периода</b> = количеству энергетических уровней в атоме элемента.</p> <p>3. <b>Номер группы</b> = максимальной степени окисления (числу валентных <math>\bar{e}</math>).</p> <p>4. <b>В периоде</b> <math>\longrightarrow</math></p> <p>а) увеличиваются заряды атомных ядер;          б) увеличивается число <math>\bar{e}</math> на внешнем уровне;          в) число энергетических уровней постоянно,</p> <p style="text-align: center;">⇓</p> <p>радиусы атомов уменьшаются (притяжение внешних <math>\bar{e}</math> к ядру усиливается).</p> <p>5. <b>В главной подгруппе</b></p> <p>а) увеличиваются заряды атомных ядер;          б) число <math>\bar{e}</math> на внешнем уровне постоянно;          в) увеличивается число энергетических уровней,</p> <p style="text-align: center;">⇓</p> <p>радиусы атомов увеличиваются (притяжение внешних <math>\bar{e}</math> к ядру ослабевает).</p> <p>6. <b>Периодичность объясняется</b> повторяемостью в заполнении <math>\bar{e}</math> энергетических уровней.</p>	<p><b>В периоде</b> из-за уменьшения <math>R_{ат.}</math>:</p> <p>1. Металлические свойства образуемых элементами простых веществ ослабевают, а неметаллические – усиливаются.</p> <p>2. Характер оксидов и гидроксидов элементов меняется основной <math>\rightarrow</math> амфотерный <math>\rightarrow</math> кислотный.</p> <p>3. В больших периодах свойства меняются медленнее, т. к. идет заполнение <math>\bar{e}</math> одного из предвнешних уровней, что мало влияет на <math>R_{ат.}</math>.</p> <p><b>В главных подгруппах</b> из-за увеличения <math>R_{ат.}</math>:</p> <p>1. Металлические свойства образуемых элементами простых веществ усиливаются, а неметаллических – ослабевают.</p> <p>2. Основной характер оксидов и гидроксидов усиливается, кислотный – ослабевает.</p> <p><b>По диагонали</b> уменьшение <math>R_{ат.}</math> в периоде примерно компенсируется увеличением <math>R_{ат.}</math> в подгруппе:</p> <p>элементы, расположенные на одной диагонали, образуют сходные по свойствам соединения: <math>Li \rightarrow Mg</math>; <math>Be \rightarrow Al</math></p> <p><b>Звездность периодической системы</b></p> <p>Свойства центрального элемента являются средними из свойств элементов, окружающих его.</p> <div style="text-align: center;"> <pre>           Li  Be  B            \     /             \Mg/            /     \           Na  Ca  Sc         </pre> </div>

ПЕРИОД	A I B	A II B	A III B	A IV B	A V B	A VI B	A VII B	A VIII B						
<b>1</b>	<b>H</b> 1 1,01 2,10 ВОДОРОД	<b>ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА</b> 150 ЛЕТ ОТКРЫТИЮ 1869-2019 ЮБИЛЕЙНОЕ ИЗДАНИЕ						{H}	<b>He</b> 2 4,0 ГЕЛИЙ					
<b>2</b>	<b>Li</b> 3 6,9 0,98 ЛИТИЙ	<b>Be</b> 4 9,0 1,57 БЕРИЛЛИЙ	<b>B</b> 5 10,8 2,04 БОР	<b>C</b> 6 12,0 2,55 УГЛЕРОД	<b>N</b> 7 14,0 3,04 АЗОТ	<b>O</b> 8 16,0 3,44 КИСЛОРОД	<b>F</b> 9 19,0 3,98 ФТОР	<b>Ne</b> 10 20,2 НЕОН						
<b>3</b>	<b>Na</b> 11 23,0 0,98 НАТРИЙ	<b>Mg</b> 12 24,3 1,31 МАГНИЙ	<b>Al</b> 13 27,0 1,61 АЛЮМИНИЙ	<b>Si</b> 14 28,1 1,90 КРЕМНИЙ	<b>P</b> 15 31,0 2,19 ФОСФОР	<b>S</b> 16 32,1 2,58 СЕРА	<b>Cl</b> 17 35,5 3,16 ХЛОР	<b>Ar</b> 18 39,9 АРГОН						
<b>4</b>	<b>K</b> 19 39,1 0,82 КАЛИЙ	<b>Ca</b> 20 40,1 1,00 КАЛЬЦИЙ	<b>21 Sc</b> 1,36 45,0 СКАНДИЙ	<b>22 Ti</b> 1,54 47,9 ТИТАН	<b>23 V</b> 1,63 50,9 ВАНАДИЙ	<b>24 Cr</b> 1,66 52,0 ХРОМ	<b>25 Mn</b> 1,55 54,9 МАРГАНЕЦ	<b>26 Fe</b> 1,83 55,8 ЖЕЛЕЗО	<b>27 Co</b> 1,88 58,9 КОБАЛЬТ	<b>28 Ni</b> 1,91 58,7 НИКЕЛЬ	* в квадратных скобках приведено массовое число наиболее стабильного изотопа			
	<b>29 Cu</b> 1,90 63,5 МЕДЬ	<b>30 Zn</b> 1,65 65,4 ЦИНК	<b>Ga</b> 31 69,7 1,81 ГАЛЛИЙ	<b>Ge</b> 32 72,6 2,01 ГЕРМАНИЙ	<b>As</b> 33 74,9 2,18 МЬШЬЯК	<b>Se</b> 34 79,0 2,55 СЕЛЕН	<b>Br</b> 35 79,9 2,96 БРОМ	<b>Kr</b> 36 83,8 3,00 КРИПТОН						
<b>5</b>	<b>Rb</b> 37 85,5 0,82 РУБИДИЙ	<b>Sr</b> 38 87,6 0,95 СТРОНЦИЙ	<b>39 Y</b> 1,22 88,9 ИТТРИЙ	<b>40 Zr</b> 1,33 91,2 ЦИРКОНИЙ	<b>41 Nb</b> 1,60 92,9 НИОБИЙ	<b>42 Mo</b> 2,16 95,9 МОЛИБДЕН	<b>43 Tc</b> 1,90 [98] ТЕХНЕЦИЙ	<b>44 Ru</b> 2,20 101,1 РУТЕНИЙ	<b>45 Rh</b> 2,28 102,9 РОДИЙ	<b>46 Pd</b> 2,20 106,4 ПАЛЛАДИЙ				
	<b>47 Ag</b> 1,93 107,9 СЕРЕБРО	<b>48 Cd</b> 1,69 112,4 КАДМИЙ	<b>In</b> 49 114,8 1,78 ИНДИЙ	<b>Sn</b> 50 118,7 1,96 ОЛОВО	<b>Sb</b> 51 121,8 2,05 СУРЬМА	<b>Te</b> 52 127,6 2,10 ТЕЛЛУР	<b>I</b> 53 126,9 2,66 ЙОД	<b>Xe</b> 54 131,3 2,60 КСЕНОН						
<b>6</b>	<b>Cs</b> 55 132,9 0,79 ЦЕЗИЙ	<b>Ba</b> 56 137,3 0,89 БАРИЙ	<b>57 La*</b> 1,10 138,9 ЛАНТАН	<b>72 Hf</b> 1,30 178,5 ГАФНИЙ	<b>73 Ta</b> 1,50 180,9 ТАНТАЛ	<b>74 W</b> 2,36 183,8 ВОЛЬФРАМ	<b>75 Re</b> 1,90 186,2 РЕНИЙ	<b>76 Os</b> 2,20 190,29 ОСМИЙ	<b>77 Ir</b> 2,20 192,2 ИРИДИЙ	<b>78 Pt</b> 2,28 195,1 ПЛАТИНА	A - главные подгруппы B - побочные подгруппы			
	<b>79 Au</b> 2,54 197,0 ЗОЛОТО	<b>80 Hg</b> 2,00 200,6 РУТЬ	<b>Tl</b> 81 204,4 1,62 ТАЛЛИЙ	<b>Pb</b> 82 207,2 2,33 СВИНЕЦ	<b>Bi</b> 83 209,0 2,02 ВИСМУТ	<b>Po</b> 84 [209] 2,00 ПОЛОНИЙ	<b>At</b> 85 [210] 2,20 АСТАТ	<b>Rn</b> 86 [222] 2,20 РАДОН						
<b>7</b>	<b>Fr</b> 87 [223] 0,70 ФРАНЦИЙ	<b>Ra</b> 88 [226] 0,90 РАДИЙ	<b>89 Ac**</b> 1,10 [227] АКТИНИЙ	<b>104 Rf</b> [265] РЕЗЕРФОРДИЙ	<b>105 Db</b> [268] ДУБНИЙ	<b>106 Sg</b> [271] СИБОРГИЙ	<b>107 Bh</b> [267] БОРИЙ	<b>108 Hs</b> [269] ХАССИЙ	<b>109 Mt</b> [278] МЕЙТНЕРИЙ	<b>110 Ds</b> [281] ДАРМШТАДИЙ				
	<b>111 Rg</b> [281] РЕНТГЕНИЙ	<b>112 Cn</b> [285] КОПЕРНИЦИЙ	<b>Nh</b> 113 [284] НИХОНИЙ	<b>Fl</b> 114 [289] ФЛЕРОВИЙ	<b>Mc</b> 115 [288] МОСКОВИЙ	<b>Lv</b> 116 [293] ЛИВЕРМОРИЙ	<b>Ts</b> 117 [294] ТЕННЕССИН	<b>Og</b> 118 [294] ОГАНЕСОН						
ВЫСШНЕ ОКСИДЫ	<b>R<sub>2</sub>O</b>	<b>RO</b>	<b>R<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>RO<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>RO<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>2</sub>O<sub>7</sub></b>	<b>RO<sub>4</sub></b>						
ЛЕГЧЕ ВЕЩЕСТВЕННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ				<b>RH<sub>4</sub></b>	<b>RH<sub>3</sub></b>	<b>H<sub>2</sub>R</b>	<b>HR</b>							
* ЛАНТАНОИДЫ 4f	<b>58 Ce</b> 1,12 140,1 ЦЕРИЙ	<b>59 Pr</b> 1,13 140,9 ПРАЗЕОДИМ	<b>60 Nd</b> 1,14 144,2 НЕОДИМ	<b>61 Pm</b> 1,13 145,0 ПРОМЕТИЙ	<b>62 Sm</b> 1,17 150,4 САМАРИЙ	<b>63 Eu</b> 1,20 152,0 ЕВРОПИЙ	<b>64 Gd</b> 1,20 157,3 ГАДОЛИНИЙ	<b>65 Tb</b> 1,10 158,9 ТЕРБИЙ	<b>66 Dy</b> 1,22 162,5 ДИСПРОЗИЙ	<b>67 Ho</b> 1,23 164,9 ГОЛЬМИЙ	<b>68 Er</b> 1,24 167,3 ЭРБИЙ	<b>69 Tm</b> 1,25 168,9 ТУЛИЙ	<b>70 Yb</b> 1,10 173,0 ИТТЕРБИЙ	<b>71 Lu</b> 1,27 175,0 ЛЮТЕЦИЙ
** АКТИНОИДЫ 5f	<b>90 Th</b> 1,30 232,0 ТОРИЙ	<b>91 Pa</b> 1,50 [231] ПРОАКТИВИЙ	<b>92 U</b> 1,38 238,0 УРАН	<b>93 Np</b> 1,36 [237] НЕПТУНИЙ	<b>94 Pu</b> 1,28 [244] ПЛУТОНИЙ	<b>95 Am</b> 1,13 [243] АМЕРИЦИЙ	<b>96 Cm</b> 1,28 [247] КЮРИЙ	<b>97 Bk</b> 1,30 [247] БЕРКЛИЙ	<b>98 Cf</b> 1,30 [251] КАЛИФОРНИЙ	<b>99 Es</b> 1,30 [252] ЭЙНШТЕЙНИЙ	<b>100 Fm</b> 1,30 [257] ФЕРМИЙ	<b>101 Md</b> 1,30 [258] МЕНДЕЛЕВИЙ	<b>102 No</b> 1,30 [259] НОБЕЛИЙ	<b>103 Lr</b> 1,29 [262] ЛОУРЕНСИЙ